

**Elektronischer Hochfrequenz-Schalter und Eichleitung mit
solchen Hochfrequenz-Schaltern**

Die Erfindung betrifft einen elektronischen Hochfrequenz-
5 Schalter mit einem Feldeffekttransistor als Schaltelement
laut Oberbegriff des Hautanspruches.

Elektronische Hochfrequenz-Schalter dieser Art,
beispielsweise mit einem Gallium-Arsenid-
10 Feldeffekttransistor als Schaltelement, sind aus modernen
Meßgeräten nicht mehr wegzudenken. Sie werden sowohl als
einzelne Ein-Aus-bzw. Um-Schalter oder zu mehreren
kombiniert beispielsweise in sogenannten Eichleitungen
eingesetzt. Idealerweise sollen solche
15 Hochfrequenzschalter hochliniar sein, um möglichst geringe
Intermodulationsprodukte zu erzeugen. Nur so können z. B.
Signalgeneratoren mit nachgeschalteten Eichleitungen mit
gutem ACLR-Werten gebaut werden. Hohe Liniarität setzt
jedoch voraus, daß die zum Schalten des Transistors
20 benutzte Gate-Gleichspannung einen relativ großen Wert
besitzt. Je größer die Gate-Schaltspannung ist, umso
langsamer wird jedoch das Schaltverhalten des
Hochfrequenzschalter.

25 Eine elektronische Eichleitung mit Feldeffekttransistoren
ist beispielsweise in der DE 100 63 999 A1 beschrieben.

Es ist Aufgabe der Erfindung, einen elektronischen
Hochfrequenz-Schalter und eine Eichleitung mit solchen
30 Hochfrequenz-Schaltern zu schaffen, dessen Eigenschaften
bezüglich Liniarität und Schaltgeschwindigkeit vom
Benutzer für den gerade gegebenen Anwendungsfall jeweils
optimal wählbar sind.

35 Diese Aufgabe wird ausgehend vom einem elektronischen
Hochfrequenzschalter laut Oberbegriff des Anspruches 1
durch dessen kennzeichnende Merkmale gelöst. Die Aufgabe
wird bezüglich der Eichleitung durch die Merkmale des
Anspruches 3 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen

insbesondere auch bezüglich seiner Anwendung in einer Eichleitung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

- Ein erfindungsgemäßer Hochfrequenz-Schalter kann vom Benutzer jederzeit mit den jeweils gerade gewünschten optimalen Eigenschaften bezüglich Linearität oder Schaltgeschwindigkeit betrieben werden. Durch eine einfache zusätzliche Umschalteneinrichtung kann die Größe der Gate-Gleichspannung für den Feldeffekttransistor vom Benutzer so gewählt werden, daß der Hochfrequenzschalter entweder hohe Linearität oder hohe Schaltgeschwindigkeit besitzt. Hohe Linearität wird für einen bestimmten GaAs-Feldeffekttransistortyp beispielsweise mit einer relativ hohen Gate-Gleichspannung von -8V erreicht. Wenn die Gate-Gleichspannung auf beispielsweise -5,5V zurückgeschaltet wird, kann die Schaltzeit auf gut das zehnfache beschleunigt werden, wobei allerdings dann die Linearität verschlechtert wird.
- Durch die Umschaltung und Änderung der Gate-Schaltspannung verändern sich neben der Linearität und der Schaltgeschwindigkeit auch noch andere Hochfrequenzeigenschaften des Schalters, wenn auch nicht so drastisch wie die Linearität und die Schaltgeschwindigkeit. Es kann daher von Vorteil sein, diese durch die unterschiedliche Wahl der Gate-Schaltspannung auftretenden Änderungen anderer Hochfrequenzeigenschaften des Schalters wie Transmission oder Reflexion durch entsprechende Korrekturwerte zu kompensieren, wie dies Gegenstand der Unteransprüche ist.

Änderungen der Transmission, beispielsweise der Einfügungsdämpfung bei einer Eichleitung, in Abhängigkeit von der Frequenz können entweder durch entsprechende zusätzliche Eingriffe in die Schaltung selbst oder durch entsprechende Beeinflussung der den Schalter steuernden Software kompensiert werden, Änderungen der Reflexion durch entsprechende Eingriffe in die Schaltung, beispielsweise durch Zuschalten von zusätzlichen

Bauelementen wie Kondensatoren oder dergleichen synchron mit dem Umschalten der Gate-Schaltspannung.

Bei einer Eichleitung, bei welcher durch eine Vielzahl von elektronischen Hochfrequenz-Schaltern jeweils Dämpfungsglieder parallel oder in Serie zu- bzw. abgeschaltet bzw. überbrückt werden, kann es von Vorteil sein, nur einen Teil der eingesetzten Hochfrequenz-Schalter jeweils im gleichen Sinne für Linearität bzw. Schaltgeschwindigkeit anzusteuern. Für den durchgehenden Leitungszweig einer Eichleitung kann es z. B. vorteilhaft sein, die dort vorgesehenen Hochfrequenz-Schalter bezüglich Linearität optimal zu wählen (relativ hohe Gate-Schaltspannung) während die parallel dazu liegenden Nebenzweige bezüglich Schaltgeschwindigkeit optimiert werden (relativ niedrige Gate-Schaltspannung).

Die Gate-Schaltspannung kann je nach Anwendungsfall auch zwischen drei oder mehr beliebig fein abgestuften Werten betragsmäßig umschaltbar sein. Auch eine kontinuierliche Änderung zwischen einem maximalen und minimalen Gate-Spannungswert ist denkbar.

Die Erfindung wird im Folgenden anhand schematischer Zeichnungen an Ausführungsbeispielen näher erläutert.

Fig. 1 zeigt das Prinzipschaltbild eines erfindungsgemäßen HF-Schalters,

Fig. 2 zeigt dessen Anwendung in einer Eichleitung und

Fi. 3 zeigt den Frequenzgang der Einfügungsdämpfung dieser Eichleitung.

Fig. 1 zeigt einen elektronischen Hochfrequenzschalter mit einem Feldeffekttransistor T, der beispielsweise in GaAs-Technik ausgebildet ist und dessen Source-Drain-Strecke als Schaltelement zwischen einer Hochfrequenzquelle G und einem Verbraucher L geschaltet ist. Der Transistor T wird

über seine Gate-Spannung U ein- und ausgeschaltet. Je nach Transistortyp wird beispielsweise bei einer Gate-Spannung 0V (in der Praxis meist -0,6V) der Transistor leitend und schaltet somit das Signal der Hochfrequenzquelle G an den Verbraucher L . Durch Anlegen einer negativen Gate-Spannung U von beispielsweise -8V an das Gate des Transistors wird dieser gesperrt und die Quelle G daher vom Verbraucher abgeschaltet.

10 Gemäß der Erfindung ist die Größe der Gate-Schaltspannung U über einen Umschalter S wählbar und zwar im gezeigten Ausführungsbeispiel für den hier beispielhaft benutzten Transistortyp aus zwei getrennten Spannungsquellen U_1 und U_2 . Die eine schaltbare Spannungsquelle U_1 liefert, 15 gesteuert über die Schaltersteuerung A , entweder 0V für den Ein-Schaltzustand oder -8V für den Aus-Schaltzustand, die zweite schaltbare Spannungsquelle U_2 entweder 0V für den Ein-Schaltzustand oder -5,5V für den Aus-Schaltzustand. Der Benutzer eines Meßgerätes, in welchem 20 dieser Hochfrequenz-Schalttransistor T eingebaut ist, kann also über den Umschalter S wählen, ob für den momentanen Meßvorgang der Hochfrequenz-Schalter hohe Linearität (große Gate-Spannung von beispielsweise -8V) oder eine hohe Schaltgeschwindigkeit (kleine Gate-Spannung von 25 beispielsweise -5,5V) gewünscht wird.

Fig. 2 zeigt die Anwendung von derartigen elektronischen Hochfrequenz-Schaltern in einer Eichleitung E , in welcher eine Vielzahl solcher Hochfrequenz-Schalter jeweils zum 30 Parallelschalten und/oder Serienschalten von Dämpfungsgliedern zwischen Eingang und Ausgang der Eichleitung benutzt werden. Solche Eichleitungen sind als solches bekannt. Die Gate-Spannung für die einzelnen Schalttransistoren T wird entweder aus einer gemeinsamen 35 Steuerspannungsquelle U_3 abgeleitet oder für die einzelnen Schalttransistoren sind jeweils gesonderte Gatespannungsquellen in der Eichleitung vorgesehen, wie dies in Fig. 2 durch die Spannungsquellen U_4 schematisch angedeutet ist. In beiden Fällen sind diese Gate-

Spannungsquellen wieder im Sinne der Fig. 1 zwischen mindestens zwei unterschiedlichen Werten umschaltbar, um so wieder entweder optimale Linearität oder optimale Schaltgeschwindigkeit zu wählen.

5

Die Größe der Gate-Schaltspannung beeinflußt nicht nur die Linearität und die Schaltgeschwindigkeit sondern auch noch andere Hochfrequenzeigenschaften des Schalters, beispielsweise die Transmission oder Reflexion. Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung hat es sich daher als vorteilhaft erwiesen, die Umschalteinrichtung S für die Gate-Spannung mit einer entsprechenden Korrektureinrichtung K zu koppeln, in welcher Korrekturwerte zur Kompensation dieser übrigen Hochfrequenz-Eigenschaften des Hochfrequenz-Schalters gespeichert sind und die je nach Schaltstellung der Umschalteinrichtung S aus der Korrektureinrichtung K ausgelesen und zur zusätzlichen Korrektur des Hochfrequenz-Schalters benutzt werden.

20

Bei Eichleitungen ist es bekannt, zur Korrektur der über die benutzten Hochfrequenz-Schalter erzeugten frequenzabhängigen Einfügungsdämpfung vor der eigentlichen Eichleitung ein zusätzliches umschaltbares Dämpfungsglied D zwischenzuschalten, das über eine Korrektureinrichtung K in Abhängigkeit von der am Generator G eingestellten Frequenz f steuerbar ist. Die durch die benutzten Hochfrequenz-Schalter in der Eichleitung E erzeugte Einfügungsdämpfung besitzt beispielsweise den in Fig. 3 dargestellten Verlauf, d. h. mit steigender Frequenz wird die Einfügungsdämpfung größer. Bei der bekannten Einrichtung wird daher das Dämpfungsglied D mit steigender Frequenz auf kleinere Werte zurückgeschaltet, so daß am Ausgang der Eichleitung dieser Frequenzgang entsprechen kompensiert ist. Die zugehörigen Korrekturwerte sind in der Korrektureinrichtung K gespeichert.

30

35

Das Dämpfungsglied D könnte auch ein stetig elektronisch veränderbares Dämpfungsglied sein, das seinerseits Teil

einer Regelschleife ist. Den Korrekturwert könnte man dann der Referenzspannung überlagern.

- Gemäß der Weiterbildung der Erfindung ist die
- 5 Umschalteinrichtung S der umschaltbaren Gate-Schaltspannung U3 bzw. U4 zusätzlich mit dieser Korrektureinrichtung K verknüpft und in der Korrektureinrichtung K sind für jede wählbare Gate-Schaltspannung entsprechend unterschiedliche
- 10 Korrekturwerte in Abhängigkeit von der Frequenz gespeichert, so daß beispielsweise bei Wahl der Gate-Schaltspannung -8V ein flacherer Kennlinienverlauf gemäß Fig. 3 als Korrekturwert abgespeichert ist als für -5,5V.
- 15 In vergleichbarer Weise können durch entsprechenden Eingriff in die Schaltung des Hochfrequenz-Schalters bzw. der Eichleitung die Transmissions-bzw. Reflexions-Eigenschaften des Schalters in Abhängigkeit von der jeweils gewählten Gate-Schaltspannung korrigiert werden.
- 20 Anstelle eines einstellbaren Dämpfungsgliedes könnte auch ein einstellbarer Verstärker für eine Transmissions-Korrektur benutzt werden.

- Die Erfindung ist nicht auf das dargestellte
- 25 Ausführungsbeispiel beschränkt. Sämtliche beschriebenen Merkmale sind beliebig miteinander kombinierbar.

5

Ansprüche

1. Elektronischer Hochfrequenz-Schalter mit einem Feldeffekttransistor (T) als Schaltelement, dessen Schaltzustand über die Gate-Spannung (U) gesteuert ist, **dadurch gekennzeichnet,** daß die Größe der Gate-Spannung (U) je nach gewünschter Linearität oder Schaltgeschwindigkeit zwischen mindestens zwei Werten (-5,5V bzw. -8V) umschaltbar ist.
2. Hochfrequenz-Schalter nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** daß die Umschalteneinrichtung (S) für die Gate-Spannung (U) mit einer Korrektoreinrichtung (K) gekoppelt ist, in welcher für die unterschiedlichen Gate-Spannungswerte entsprechend unterschiedliche Korrekturwerte für zusätzliche Hochfrequenzeigenschaften (Transmission oder Reflexion) des Hochfrequenz-Schalters gespeichert sind, die je nach gewählter Gate-Spannung zur Korrektur dieser zusätzlichen Hochfrequenzeigenschaften des Hochfrequenz-Schalters benutzt werden.
3. Eichleitung mit mehreren elektronischen Hochfrequenz-Schaltern nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet,** daß die Größe der Gate-Spannung (U) von mindestens einigen der Hochfrequenz-Schalter zwischen mindestens zwei Werten umschaltbar ist.
4. Eichleitung nach Anspruch 3 mit einem vorgeschalteten umschaltbaren Dämpfungsglied (D), das über eine Korrektoreinrichtung (K) steuerbar ist, in welcher in Abhängigkeit von der Frequenz (f) des der Eichleitung (E) zugeführten Hochfrequenzsignals Korrekturwerte zur

Kompensation der frequenzabhängigen Einfügungsdämpfung der elektronischen Hochfrequenz-Schalter gespeichert sind, **dadurch gekennzeichnet,**

- 5 daß in der Korrektureinrichtung (K) für die unterschiedlichen Gatespannungswerte der Hochfrequenz-Schalter entsprechend unterschiedliche Frequenzgang-Korrekturwerte gespeichert sind und
- 10 daß die Umschalteneinrichtung (S) für die Gate-Spannung mit dieser Korrektureinrichtung (K) so gekoppelt ist, daß je nach gewählter Größe der Gate-Spannung jeweils die zugehörigen Frequenzgang-Korrekturwerte zur Steuerung des vorgeschalteten Dämpfungsgliedes (D) benutzt werden.

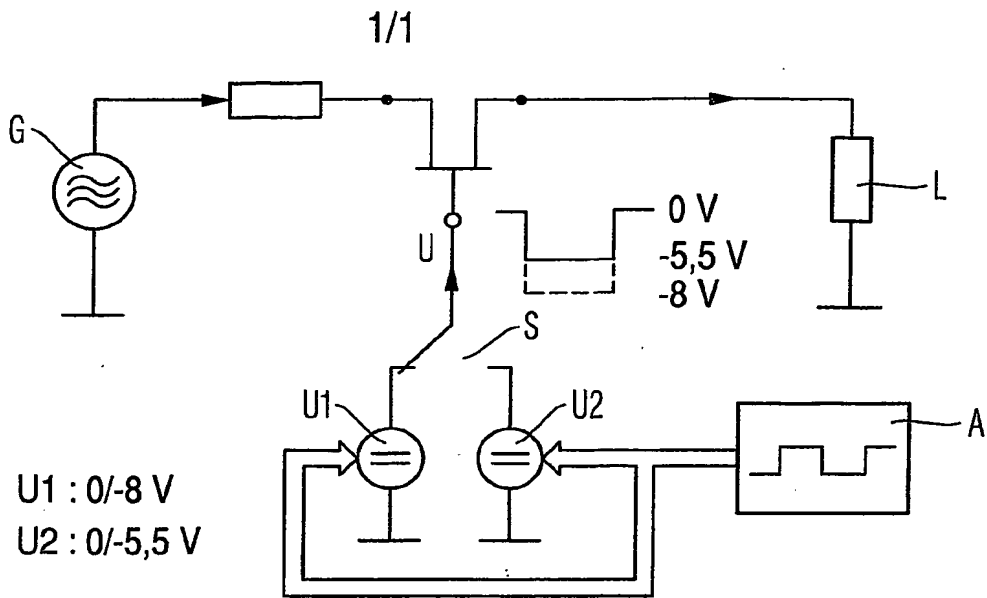


Fig. 1

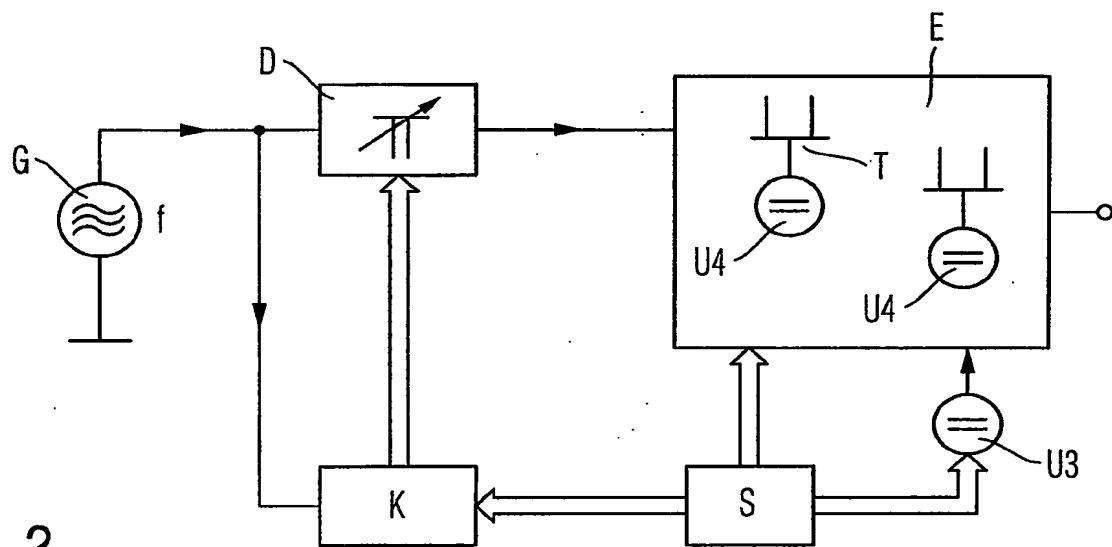


Fig. 2

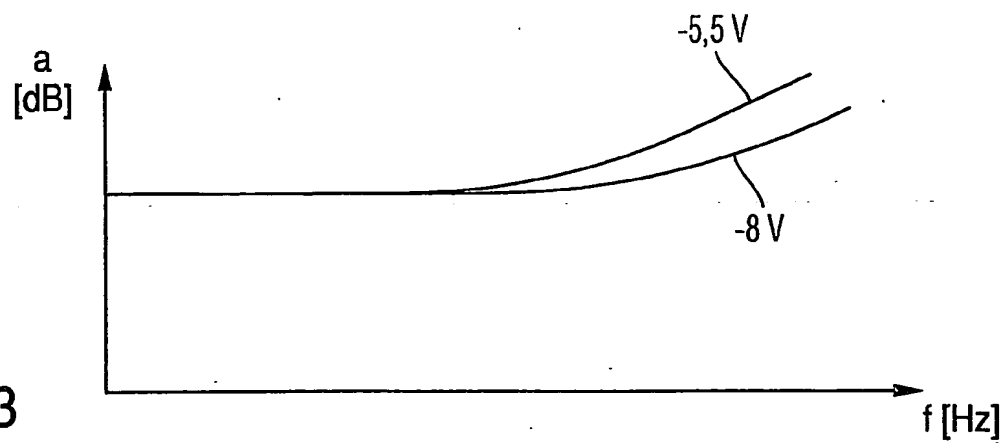


Fig. 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2004/013540

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 H03H11/24

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H03H

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, IBM-TDB, INSPEC, COMPENDEX

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2002/196098 A1 (SASABATA AKIHIRO ET AL) 26 December 2002 (2002-12-26) figure 5	1-4
X	KOVACS F.: "High-Frequency Applications of Semiconductor Devices" 1981, ELSEVIER, AMSTERDAM - THE NETHERLANDS, XP002321427 pages 49-55	1-4

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- * & * document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

16 March 2005

Date of mailing of the international search report

07/04/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Radomirescu, B-M

INTERNATIONALE RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/013540

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 H03H11/24

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 H03H

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der Internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, IBM-TDB, INSPEC, COMPENDEX

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2002/196098 A1 (SASABATA AKIHIRO ET AL) 26. Dezember 2002 (2002-12-26) Abbildung 5	1-4
X	KOVACS F.: "High-Frequency Applications of Semiconductor Devices" 1981, ELSEVIER, AMSTERDAM - THE NETHERLANDS, XPO02321427 Seiten 49-55	1-4

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der Internationalen Recherche

16. März 2005

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

07/04/2005

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Radomirescu, B-M

INTERNATIONALER RESEARCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationaler Aktenzeichen

PCT/EP2004/013540

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2002196098 A1	26-12-2002	JP 2002314373 A	25-10-2002
		CN 1380748 A	20-11-2002
		DE 10215761 A1	21-11-2002
		GB 2376579 A ,B	18-12-2002
<hr/>			